

METODOLOGIA DE CALCULO DE BARRAS DE CONTROLE DO REATOR OSIRIS

Leda Cristina Cabelo Bernardes Fanaro
Carlos Roberto Ferreira
Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares-IPEN/CNEN-SP
Travessa R, 400 - caixa postal 11049
CEP: 05508-900 - São Paulo, SP

RESUMO

Este trabalho tem por objetivo a comparação de duas metodologias de cálculo de barras de controle do reator OSIRIS. A primeira consiste nos sistemas NJOY/AMPX-II/HAMMER-TECHNION e a segunda com o NJOY/AMPX-II, com o cálculo espectral efetuado com o XSDRNPM. Os resultados comparados com valores experimentais, apresentaram desvios menores que 10 % para o excesso de reatividade do núcleo, para a reatividade das barras de segurança e a reatividade global das 6 barras. Desvios maiores, de até 21 %, foram observados para a reatividade individual das barras de controle 1 e 6.

INTRODUÇÃO

Com o objetivo de estudar reatores de alto fluxo para irradiação de materiais, procurou-se reproduzir um experimento realizado na crítica ISIS, com a primeira configuração do reator OSIRIS.

Devido à particularidade da barra de controle do reator OSIRIS, que possui uma parte combustível e uma parte absorvedora, efetuou-se o desenvolvimento de uma metodologia de cálculo das barras de controle. Foram analisadas duas metodologias, a primeira consiste na geração das seções de choque com os sistemas NJOY [1]/ AMPX-II [2]/ HAMMER-TECHNION [3], e a segunda como sendo o NJOY/ AMPX-II, com o cálculo espectral através do XSDRNPM.

O programa HAMMER [4] foi utilizado para a geração das seções de choque dos elementos combustíveis e o HAMMER-TECHNION, para os refletores e materiais estruturais, em 4 grupos de energia.

O cálculo da reatividade das barras de controle é efetuado com o programa CITATION [5], nas geometrias bidimensional (x,y) e tridimensional (x,y,z).

Os valores calculados são comparados com os resultados experimentais do reator OSIRIS, com elemento combustível caramelo [6].

O REATOR OSIRIS

O reator OSIRIS é do tipo piscina, com potência de 70 MW e elementos combustíveis tipo placa caramelo.

O elemento combustível padrão possui 17 placas e o elemento de controle é formado por 2 partes, totalizando o dobro da altura ativa de um elemento combustível padrão. A primeira contém 14 placas combustíveis e a segunda possui Háfio como material absorvedor, de modo que quando se insere a barra de controle retira-se combustível do núcleo, e vice-versa.

O reator possui também posições para irradiação, cujos elementos são simulados por um bloco de Alumínio contendo 1 ou 4 furos, revestidos com aço e 2 blocos de refletor de Berílio.

Na configuração analisada o reator possui 38 elementos combustíveis padrão, com 3 zonas de enriquecimentos diferentes em U_{235} ; 6 elementos de controle, sendo que 2 elementos são utilizados para a segurança (bancos 2 e 5); 5 elementos internos para irradiação, sendo que 4 possuem 4 furos e 1 contém somente 1 furo; 5 posições externas para irradiação, contendo 1 furo e 2 blocos de Berílio, como refletor.

A Figura 1 ilustra o diagrama esquemático da configuração do reator OSIRIS, analisada neste trabalho. Os elementos do reator estão dispostos no núcleo através de um engradado de Alumínio, e cercados por uma caixa de Zircaloy.

A parte absorvedora do elemento de controle é composta por Háfio e encamisada por aço. A Figura 2 ilustra a estrutura do absorvedor do controle.

METODOLOGIA DE CALCULO

Duas metodologias, já mencionadas acima, foram utilizadas na determinação das constantes nucleares das barras de controle:

A metodologia de cálculo 1 é mostrada no diagrama da Figura 3. O processamento de dados começa com as bibliotecas básicas de dados nucleares avaliados ENDF/B-IV, e JENDL-2, sendo utilizado um acoplamento [7] dos sistemas NJOY [1] e AMPX-II [2], para produzir as bibliotecas térmica (30 grupos, $0.00001 \text{ eV} \leq E \leq 0.625 \text{ eV}$) e epitérmica (54 grupos; $0.625 \text{ eV} \leq E \leq 10 \text{ MeV}$) para o programa celular HAMMER-TECHNION [3]. Este programa, gera seções de choque homogeneizadas em 2 e 4 grupos de energia para o código de difusão de neutrons CITATION [5], no qual são efetuados os cálculos dos fatores efetivos de multiplicação e reatividades dos sistemas em estudo.

Nesta metodologia, o HAMMER-TECHNION foi modificado tal que, o tratamento da auto-blindagem das ressonâncias resolvidas dos núcleos actíneos é feita no módulo ROLAIDS do sistema AMPX-II, o qual resolve a equação integral de transporte, considerando espalhamento isotrópico, em milhares de pontos de energia no intervalo considerado de

7,0 %	7,0 %	5,62 %	5,62 %	5,62 %	7,0 %	7,0 %
7,0 %	4,75 %	7,0 %	4,75 %	7,0 %	4,75 %	7,0 %
		5		6		
7,0 %	4,75 %	4,75 %	@ @ @ @	4,75 %	4,75 %	7,0 %
7,0 %	@ @ @ @	7,0 %	4,75 %	7,0 %	@	7,0 %
		3		4		
7,0 %	4,75 %	4,75 %	@ @ @ @	4,75 %	4,75 %	7,0 %
7,0 %	4,75 %	7,0 %	4,75 %	7,0 %	4,75 %	7,0 %
		1		2		
7,0 %	5,62 %	5,62 %	@ @ @ @	5,62 %	5,62 %	7,0 %
@ @ @ @	@	@	@	@	@	@ @ @ @



MOCK-UP COM 4 CANAIS
DE REFRIGERAÇÃO



MOCK-UP COM 1 CANAL
DE REFRIGERAÇÃO



BERÍLIO



CONTROLE
(c - % U₂₃₅)
(n - IDENT.)

Figura 1 - Reator OSIRIS (Primeira Configuração)

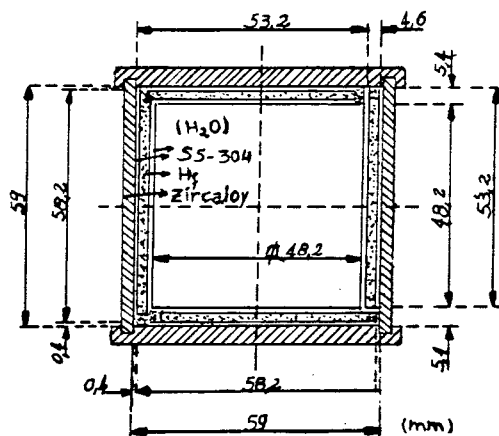


Figura 2 - Estrutura do Absorvedor
do Elemento de Controle

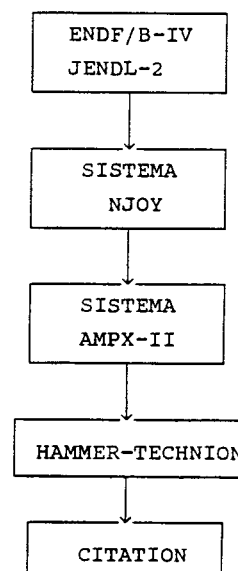


Fig. 3. Metodologia de cálculo 1:
NJOY/AMPX-II/HAMMER-TECHNION/CITATION

0.625 ev a 5530 ev (cerca de 40 mil pontos de energia, ou mais). Na metodologia usual, o tratamento é feito pelo método de Nordheim no próprio HAMMER-TECHNION.

Nesta metodologia foram utilizadas as seguintes opções de cálculo no HAMMER-TECHNION, para as barras de controle: "Standard Thermos" e a aproximação B1 nos cálculos de transporte.

Com referência à procedência dos dados nucleares, nota-se que: os dados provieram da biblioteca ENDF/B-IV, menos os do U-238 e os isótopos do Háfio que provieram da JENDL-2.

A metodologia de cálculo 2 utiliza o acoplamento NJOY [1]/AMPX-II(XSDRNPM) [2]/CITATION [5] sendo similar à metodologia 1, a não ser pelo fato de que os dados nucleares são processados em 85 grupos de energia e a homogeneização celular final (em 4 grupos de energia) é feita no módulo XSDRNPM do AMPX-II. O Fluxograma da Figura 4 mostra a sequência de processamento:

A célula representativa das barras de controle do reator OSIRIS está ilustrada na Figura 5, sendo a homogeneização das seções de choque efetuada nas regiões 6 a 13.

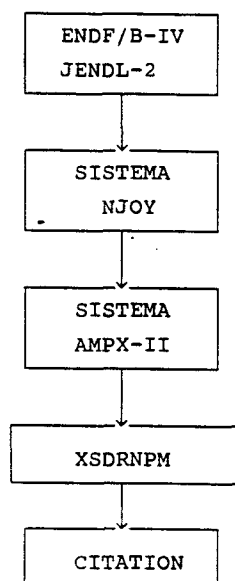


Fig. 4. Metodologia de cálculo 2: NJOY/AMPX-II(XSDRNPM)/CITATION

Comb (hom)	H ₂ O + Zr	H ₂ O	Al	H ₂ O	Al	H ₂ O	Zr	H ₂ O	SS 304	ABS	SS 304	H ₂ O
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13

Figura 5 - Célula Representativa da Parte Absorvedora do Elemento de Controle

Os cálculos das reatividades das barras de controle e de segurança foram efetuados com o programa CITATION nas geometrias bidimensional (x,y) e tridimensional (x,y,z). Para o cálculo bidimensional o buckling foi determinado por uma pesquisa realizada com o CITATION. Os resultados para as duas geometrias são muito semelhantes, desse modo neste trabalho serão apresentados somente os cálculos tridimensionais.

Para a condição de todas as barras

retiradas o excesso de reatividade calculado neste trabalho é igual 10.375 pcm, contra 10.530 pcm para o valor medido, na referência [6]. O erro neste caso é de 155 pcm (- 1,47 %). A referência [6] apresenta ainda o valor calculado, pelos franceses, para o excesso de reatividade igual a 10.800 pcm.

A Tabela 1 mostra os valores obtidos, para as reatividades das barras de controle, calculados com as duas metodologias descritas e os resultados experimentais da referência [6].

Tabela 1 - Reatividade das Barras de Controle do Reator Osiris (Cálculo Tridimensional)

condição das barras	OSIRIS ρ (pcm)	NJOY/AMPX-II/H-TEC (a)			NJOY/AMPX-II (XSDRNPM)		
		K _{eff}	ρ (pcm)	desvio (%)	K _{eff}	ρ (pcm)	desvio (%)
todas inseridas	16.580	0,9370	16.121,9	- 2,76	0,9454	15.172,8	- 8,49
2 + 5	5.800	0,9895	5.657,7	- 2,45	0,9952	5.288,6	- 8,82
1	2.100	1,0135	2.396,6	+14,12	1,0179	2.239,3	+ 6,63
6	2.820	1,0379	2.317,3	-17,83	1,0413	2.212,8	-21,53
3	2.810	1,0703	2.922,4	+ 4,00	1,0721	2.757,6	- 1,86
4	3.050	1,1038	2.827,9	- 7,28	1,1038	2.674,5	-12,31

(a) HAMMER-TECHNION

CONCLUSOES

De acordo com os resultados apresentados observa-se que os cálculos do excesso de reatividade do núcleo, para a reatividade global das 6 barras de controle mais segurança, e para a reatividade das barras de segurança (2 e 5), concordam com os resultados experimentais, para as duas metodologias apresentadas, com desvios inferiores a 10 %.

Para a reatividade individual da barra de controle 1, os cálculos superestimaram o resultado experimental em até 14 % na primeira metodologia, e para a barra de controle 6, os cálculos subestimaram o resultado experimental em até 21 % na segunda metodologia.

Observa-se ainda que na metodologia NJOY/AMPX-II/HAMMER-TECHNION, as barras são mais reativas, e os resultados estão mais próximos dos valores medidos.

A complexidade do reator e principalmente das barras de controle, que são muito diferentes das convencionalmente utilizadas em reatores de pesquisa, dificultaram a obtenção dos resultados.

REFERENCIAS

- [1] MACFARLANE, R. E.; MUIR, D. W.; BOICOURT, R. M.; The NJOY Nuclear Data Processing System. Vol.I: User's Manual, Los Alamos National Laboratory Report, LA-9393-M, Vol(ENDF-324), 1982.
- [2] GREENE, N. M.; FORD III, W. E. et alli, AMPX-II: A Modular Code System for Generating Coupled Multigroup Neutron-Gamma Libraries from Data in ENDF Format. PSR-53, Oak Ridge National Laboratory, Oak Ridge, Tennessee.
- [3] BARTHEN, J.; ROTHENSTEIN, W.; TAVIV, E. The Hammer Code System - TECHNION - Israel Institute of Technology, EPRI-NP-565, 1978.
- [4] SUICH, J.E. & HONECK, H. C. The HAMMER Code System Heterogeneous Analysis of Multigroup Method of Exponential and Reactor. Savannah River Laboratory - D. P. 1064, 1967.
- [5] FOWLER T. B.; VONDY, D. R.; CUNNINGHAM, G. W. Nuclear Reactor Core Analysis Code: CITATION. Oak Ridge, Tennessee, Oak Ridge National Laboratory, ORNL-TM-2496, Rev. 2. July 1971.
- [6] Critical Experiments In The ISIS Reactor With The Caramel Fuel Element. In: Safety and Licensing Guidebook Research Reactor Core Conversion from the Use of Highly Enriched Uranium to the Use of Low Enriched Uranium Fuels. Analytical Verification - vol 3. Appendix H-1. Vienna, 1980.
- [7] SANTOS, A.; FERREIRA, C. R.; LOPEZ, E. M. Elaboração de Uma Interface AMPX-II/HAMMER-TECHNION. In: Proceedings of the 3º Encontro Geral de Energia Nuclear (CGEN). (Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 22 - 27 Abril, 1990).

ABSTRACT

The objective of this work is the comparison of two control rod methodologies for the OSIRIS reactor. The first one consists on the compud systems NJOY/ AMPX-II/ HAMMER- TECHNION while the second one consists on the NJOY/ AMPX-II systems, where the spectral calculations are performed by XSDRNPM. Compared to the experimental values, the calculated results showed errors less than 10 % for the reactivity excess and for the control rod total reactivity, and up to 21 % for the individual control rod 6.